भूकम्प

सैली एम् वॉकर



भूकम्प

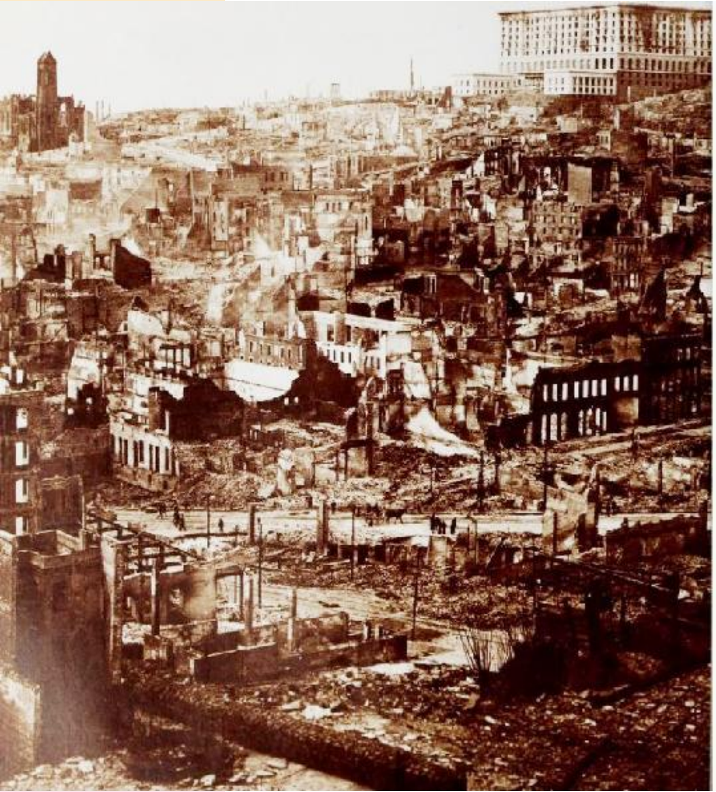
सैली एम् वॉकर

हिंदी: योगेश





जनवरी १९९४ के भूकंप में नॉर्थरिज, कैलिफोर्निया में मुड़ी हुई दीवारें



१९२४ में जला और ध्वस्त सान फ्रांसिस्को शहर

"मैं एक होटल के तीसरे माले के कमरे में सो रहा था, जब पहला झटका आया। लकड़ी के शहतीरों के चरमराने, और रगड़ने, गरजने जैसी आवाज़ों से मेरी नींद खुली। दीवारों का प्लास्टर और उन पर टंगी तस्वीरें वगैरा फर्श पर गिर रहीं थीं। ऐसा महसूस हो रहा था जैसे पूरी इमारत किसी सांप की तरह सरसरा रही हो।"

डॉक्टर अर्नेस्ट हेमिंग्वे कैलिफ़ोर्निया के सान फ्रांसिस्को शहर में आये हुए थे, जब १८ अप्रैल १९०६ का भयावह भूकम्प सुबह के लगभग पांच बजे आया। इमारतें टुकड़े-टुकड़े होकर गिर पड़ीं। गैस की पाइप लाइनों के टूटने से जगह जगह आग लग गई,और सान फ्रांसिस्को की लकड़ी की अनेक इमारतें धू-धू करके जलने लगीं। अगले तीन दिनों तक शहर आग और धुंए से भरे एक भयावह सपने की तरह था।

हालाँकि हमें यह महसूस नहीं होता, लेकिन हमारे पैरों तले धरती के अंदर लगातार एक बड़ी कशमकश चलती रहती है। धरती के अंदर से उसकी सतह पर पड़ने वाला दबाव और उसका शक्ति हमारी पैरों तले की चट्टानों को लगातार धीमे-धीमे मोड़ते-मरोड़ते रहते हैं। लेकिन धरती की सतह की कड़ी चट्टान, जिसे स्थलमंडल (lithosphere) कहा जाता है, कड़ी होने के कारण अधिक नहीं मुड़ पाती। एक सीमा के बाद जब यह इस बल को सहन नहीं कर पाती तो चटकने लगती है।

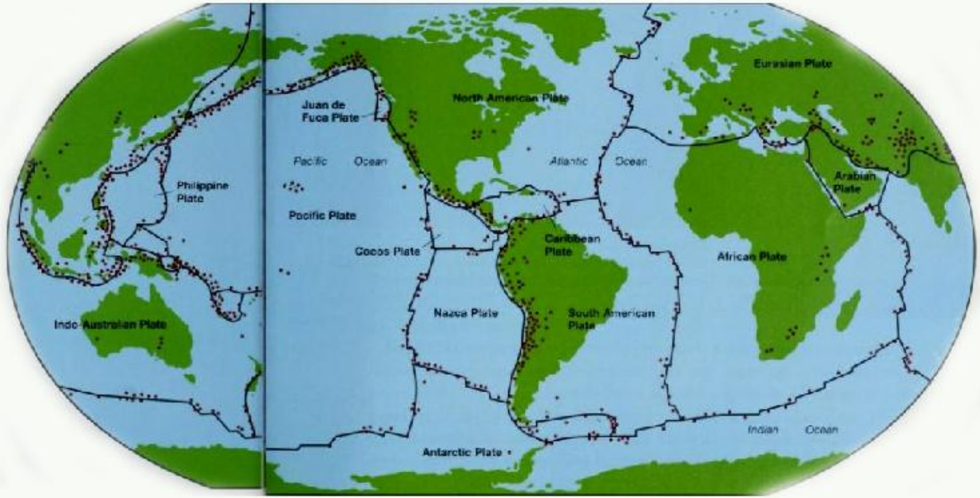
कभी-कभी, चटकने के बाद यह चट्टान अपने स्थान से सरकने भी लगती है। अगर यह सरकन बहुत कम हो तो लोग इसे महसूस नहीं कर पाते। कभी-कभी लोगों को ज़मीन या घर के फर्श में हलका कम्पन महसूस होता है। लेकिन कभी-कभी जब यह सरकन अधिक होती है, तो लोग लड़खड़ा कर गिर पड़ते हैं, नदियों पर बने पुल टूट कर दो टुकड़े हो जाते हैं, और इमारतें ध्वस्त हो जाती हैं। तब यह खबर दुनिया भर की सुर्ख़ियों में बदल जाती है - भूकम्प, ज़लज़ला आ गया।

भूकंप क्यों आते हैं?

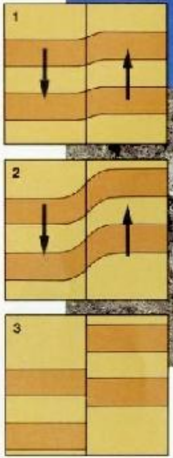
पृथ्वी का कोई भी क्षेत्र ऐसा नहीं है, जो भूकंप के खतरे से पूरी तरह सुरक्षित हो। लेकिन कुछ इलाकों में यह खतरा अन्य स्थानों की अपेक्षा बहुत अधिक होता है। धरती की सतही चट्टान दस विशाल टुकड़ों में विभाजित है, जिन्हें "प्लेट" कहा जाता है। ये प्लेटें एस्थेनो-स्फीयर (asthenosphere) के ऊपर स्थित हैं। एस्थेनो-स्फीयर चट्टान की ऐसी परत है, जो लचीली होती है, और दबाव बढ़ने पर मुड़ सकती है, लेकिन टूटती नहीं है।

अधिकांश भूकम्प इन प्लेटों की कगारों पर ही आते हैं, जहाँ दो प्लेटें एक दूसरे से रगड़ती हैं। उदहारण के लिए प्रशांत महासागर की प्लेट उत्तरी अमेरिका की प्लेट से रगड़ खाते हुए लगभग ३.५ सेंटीमीटर प्रतिवर्ष की मंथर गति से उत्तर-पश्चिम दिशा की ओर खिसक रही है। यह गति लगभग उतनी ही है, जिससे हमारे नाखून बढ़ते हैं।

[अधिकांश भूकम्प प्लेटों की कगारों पर ही आते हैं। पिछले ३० वर्षों में आया प्रत्येक भूकम्प इस मानचित्र पर एक बिंदु के द्वारा दर्शाया गया है।]



अधिकतर भूकंप प्लेट की किनारों पर होते हैं। हरेक बिन्दु पिछले ३० साल में घटे प्रत्येक भूकंप को दर्शाता है।





बाएं: जैसे-जैसे दोनों ओर की चट्टान विपरीत दिशा में खिसकती है, उस पर पड़ने वाला दबाव उत्तरोत्तर बढ़ता जाता है, और अंततः एक ओर की चट्टान झटके से टूट कर आगे बढ़ जाती है। जब अचानक ऐसा होता है, तब भूकंप आया करते हैं। ऊपर: करोड़ों वर्षों से ऐसा दबाव और तनाव झेलती सिएरा नवादा की चट्टानें विकृत हो कर गुड़ी-मुड़ी सी हो गई हैं।

प्लेटों का खिसकना उनकी कगारों पर दबाव व तनाव पैदा करता है, जो कभी उन्हें खींचता तो कभी ऐंठता है, और उनकी आकृति ही बदल देता है, जिसके फलस्वरूप उनमें गहरी दरारें पड़ जाती हैं। उनकी दशा के इस बदलाव को विकृति या स्ट्रेन (strain) कहा जाता है।

जब चट्टानें इस प्रकार की विकृति से गुज़रती हैं तो उनके अंदर बड़ी मात्रा में ऊर्जा एकत्र हो जाती है।



सन १८११ में जब न्यू मेड्रिड मिसौरी में पहली बार भूकंप आया, तो लोग बहुत डर व सहम गए थे।

चट्टान की किसी दरार पर जब अधिक दबाव या खिंचाव पड़ता है, तो एक ओर की चट्टान दूसरी से टूट कर अलग हो जाती है और वापस अपनी पुरानी स्थिति में पहुंच जाती है, जैसे किसी रबर के छल्ले को खींच कर छोड़ दिया जाये। जब ऐसा होता है तो चट्टान की संग्रहीत ऊर्जा अचानक मुक्त हो जाती है, और हमारे पैरों तले की धरती हिलने लगती है।

कभी कभी ये भूकंप प्लेट की कगारों के बजाय अन्य स्थानों पर भी आया करते हैं। न्यू मेड्रिड, मिसौरी के निकट तीन भयानक भूकम्प १६ दिसम्बर १८११, २३ जनवरी १८१२ और ७ फरवरी १८१२ को आये थे, जिन्होंने धरती को झकझोर कर रख दिया था। यह स्थान उत्तरी अमेरिकन प्लेट के ठीक मध्य में स्थित है। सुदूर स्थित बोस्टन, मेसाचुसेट्स तक लोगों को इसके झटके महसूस हुए थे। संभवतः ये तीन भूकंप १९०६ के सान फ्रांसिस्को के भूकंप से भी अधिक शक्तिशाली थे। भूवैज्ञानिक व अन्य वैज्ञानिक जो पृथ्वी का अध्ययन करते हैं, उनका मानना है कि प्लेट की कगारों से दूर आने वाले भूकंप ऐसे स्थानों पर आते हैं, जहाँ लिथो-स्फीयर बहुत पहले, शायद लाखों-करोड़ों वर्ष पूर्व, चटक गया था। ऐसा उन दबावों के कारण हुआ जिहोंने उस समय चट्टान को विकृत तो किया लेकिन वह टूट नहीं पाई। न्यू मेड्रिड जैसे स्थानों पर लिथो-स्फीयर के ऊपर मिटटी व कंकड़-पत्थरों की अनेक परतें इतने वर्षों में जमा हो गईं हैं। शायद इन परतों के भार के कारण नीचे की चट्टानों पर दबाव और बढ़ गया, और वह समय आने पर टूट गई, जिसके कारण ये तीन भूकम्प आये।

विभंग (Fault)

जब धरती में किसी दरार के समीप की चट्टान अपनी जगह से खिसक जाती है, तो ऐसी दरार को एक खास नाम दिया जाता है : विभंग या फॉल्ट (Fault)। सारे भूकंप तभी आते हैं, जब ऐसे किसी विभंग से लगी चट्टान अपनी जगह से खिसकती है। ये दरारें आपको दिखाई नहीं देतीं क्योंकि ये मिटटी की एक मोटी परत से ढकी होती हैं। लेकिन खदानों में या सड़क बनाने के लिए काटी गई चट्टान में ये अक्सर दिखाई दे जाती हैं।

ये विभंग आम तौर से तीन प्रकार के होते हैं। पहले दो, यानि साधारण विभंग और विपरीत विभंग, चट्टान को ऊपर से नीचे जाती टेढ़ी दिशा में काटते हैं, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। भूकंप के समय साधारण विभंग में दरार के दोनों ओर की चट्टानें एक दूसरे से दूर खिसकती हैं। इसके कारण जिस तरफ की चट्टान टेढ़ी दरार के ऊपरी तरफ है, वह नीचे की ओर खिसकती है, ठीक वैसे ही जैसे कोई आदमी ढलान पर नीचे की ओर फिसल जाता है। विपरीत विभंग में दोनों चट्टानें एक दूसरे की दिशा में दबाई जा रही होती हैं। ऐसे में दरार के ऊपर वाली चट्टान ऊपर की ओर उठ जाती है, जैसे किसी व्यक्ति को धक्का देकर ढलान पर नीचे से ऊपर की तरफ खिसकाया जा रहा हो।



सामान्य फॉल्ट



रिवर्स फॉल्ट



स्ट्राइक-स्लिप फॉल्ट



कैलिफ़ोर्निया की सैन अँद्रेआस विभंग पर आये एक भूकंप ने लकड़ी की इस बाड़ के एक हिस्से को अपने स्थान से लगभग ५ मीटर खिसका दिया, जबकि बाड़ का दूसरा हिस्सा जस का तस बना रहा। इस विभंग के आसपास अक्सर ही भूकंप आया करते हैं, जो कि इस विभंग को एक क्रियात्मक (active) विभंग बनाते है। लेकिन अधिकतर विभंग क्रियाशील नहीं होते, और एक-आध भूकंप के बाद अपनी जगह बने रहते हैं।

तीसरी तरह के विभंग, जिन्हें स्ट्राइक-स्लिप (strike-slip) विभंग कहा जाता है, की दरार टेढ़ी नहीं होती, बल्कि यह दरार ऊपर से नीचे को ओर एकदम ऊर्ध्व दिशा में, यानि सीधी आती है। ऐसे में विभंग के एक ओर की चट्टान दूसरी से रगड़ खाती हुई नीचे को ओर दरक जाती है। इस हरकत को समझने के लिए अपने दोनों हाथों की हथेलियों को मेज़ पर रखो ताकि दोनों अंगूठे आपस में मिले रहें। अब बाएं हाथ को स्थिर रखते हुए दाहिने हाथ को अपने से दूर सरकाओ। सान आंद्रेआस का विभंग, जो कि कैलिफ़ोर्निया के अधिकांश भूकम्पों का कारण है, एक सैकड़ों मील लम्बा स्ट्राइक-स्लिप विभंग है।



१९९४ के नार्थ-रिज भूकंप के पहले दक्षिणी कैलिफ़ोर्निया के नीचे अत्यधिक तनाव एकत्र हो चुका था, जिसके कारण आये भूकंप से इलाके में अत्यधिक विनाश हुआ।

यदि किसी विभंग से सटी चट्टान दरकने लग जाए, तो इसका मतलब यह नहीं है कि वह दरकती ही जायेगी। घर्षण एक ऐसा बल है जो दो रगड़ती हुई सतहों के बीच की गति को कम करता है, जिससे चट्टान बहुत तेज़ी से या बहुत दूर तक नहीं फिसल पाती। कुछ स्थानों पर घर्षण बल के कारण विभंग के दोनों ओर की चट्टान बहुत धीरे-धीरे लेकिन लगातार सरकती ही रहती है। ऐसी जगहों पर अधिक तनाव इकट्ठा नहीं हो पाता, और बहुत कम भूकंप आते हैं।

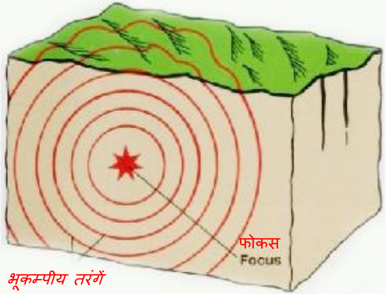
अन्य स्थानों पर घर्षण के कारण चट्टान का सरकना कुछ समय के लिए रुक जाता है। लेकिन जल्दी ही एकत्रित तनाव घर्षण बल पर विजय पा लेता है, और विभंग के एक तरफ की चट्टान खिसकने लगती है। जब ऐसा होता है, तो इलाके में एक हल्का-फुल्का भूकंप आता है, जिससे अधिक विनाश नहीं होता। जो लोग ऐसे विभंगों के आस पास रहते हैं, उन्हें पता रहता है कि समय-समय पर ऐसे हलके भूकंप आया करते हैं।

लेकिन कभी कभी घर्षण बल दोनों चट्टानों को लम्बे समय तक एक दूसरे से चिपकाये रखता है, शायद कई दशकों या सदियों तक भी। इस दौरान अगर तनाव एकत्र होता रहता है, तो चट्टान के अंदर अत्यधिक ऊर्जा जमा हो जाती है। ऐसे में सर्वाधिक विनाशकारी भूकंप की ज़मीन तैयार हो जाती है। आखिरकार जब चट्टान तनाव को सहन नहीं कर पाती तो वह अचानक झटके से खिसकती है, और एक बड़ा और विनाशकारी भूकंप आता है। और लोग इसके लिए बिलकुल तैयार नहीं होते।

धरती का हिलना

तुमने स्वयं भूकंप का अनुभव कभी न भी किया हो, इतना तो तुम जानते ही हो कि भूकंप में सब कुछ हिल जाता है। लेकिन धरती के गर्भ का एक झटका उसकी सतह को कई मिनट तक क्यों हिलाता रहता है?

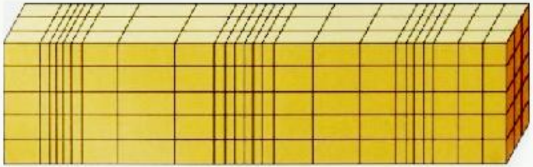
भूकम्प के दौरान ऊर्जा उसके केंद्र बिंदु से कई लहरों में आती है। केंद्र बिंदु से तात्पर्य है धरती के गर्भ में स्थित वह स्थान जहाँ की चट्टान सबसे पहले टूटती है। पानी में कंकर डालने से बनी तरंगों की तरह ही यहाँ ऊर्जा की तरंगें बनती हैं, जिन्हें भूकम्पीय तरंगें (seismic waves) कहा जाता है, जो केंद्र से चारों ओर प्रसारित होती हैं। इन तरंगों के फैलने से धरती की सतह कम्पन करने लगती है। ये तरंगें कई तरह की होती हैं, जो चट्टानों को अलग-अलग प्रकार से हिलाती हैं। और इनके प्रसार की गति भी अलग-अलग प्रकार की चट्टानों व अन्य पदार्थों में अलग-अलग होती है। ठीक वैसे ही, जैसे यदि तुम गले तक गहरे पानी में चलने की कोशिश करो तो तुम्हारी गति खुले मैदान में चलने की अपेक्षा बहुत कम होगी।



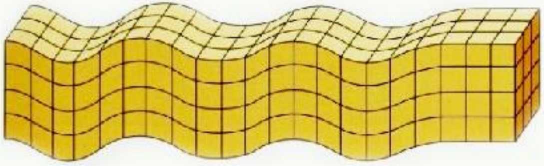
एक भूकम्प का केंद्र-बिंदु (focus) धरती की सतह से ७०० किलोमीटर तक की गहराई पर स्थित हो सकता है। हालाँकि लगभग ७५ प्रतिशत भूकंपों का केंद्र ६० किमी. या उससे कम गहराई पर होता है। यह केंद्र सतह के जितना नज़दीक होता है, उतना ही अधिक विनाश करता है।

कुछ भूकम्पीय तरंगों को शारीरिक तरंगें (body waves) कहा जाता है। दो प्रकार की शारीरिक तरंगें होती हैं, प्राथमिक (primary) और द्वितीयक (secondary)। ये दोनों ही केंद्र से एक साथ प्रसारित होती हैं। प्राथमिक या पी-तरंगें (P waves) केंद्र से ४ से ७ किमी. प्रति सेकंड की गति से प्रसारित होती हैं। जब पी-तरंगें किसी पदार्थ, जैसे चट्टान या पानी, में से गुज़रती हैं तो उस पदार्थ के कण या अणु पहले भीषण दबाव में आते हैं और फिर एक दूसरे से दूर खींचे जाते हैं। यह ठीक वैसा ही है, जैसे किसी स्प्रिंग को ज़ोर से दबा कर छोड़ दिया जाए।

प्राइमेरी (P) तरंगें

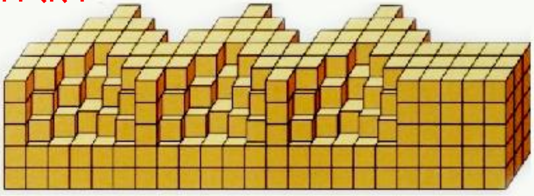


सेकन्डेरी (S) तरंगें



द्वितीयक तरंगें कुछ धीमे चलती हैं, लगभग २ से ५ किमी प्रति सेकंड, और ये केवल चट्टानों में से ही गुज़रती हैं। ये तरंगें कुछ वैसे ही चलती हैं, जैसे यदि आप किसी रस्सी के एक सिरे को खम्बे में बाँध दें, और दूसरे सिरे को पकड़ कर ऊपर-नीचे हिलाएं। चट्टानों में ऐसी तरंगें उनके अणुओं को तेज़ी से झकझोरती हैं। एक दूसरे से सटे होने के कारण ये अणु एक दूसरे को हिलाते हैं, और इस प्रकार तरंग को आगे बढ़ाते हैं। तरंग के गुज़र जाने के बाद ये फिर शांत हो जाते हैं।

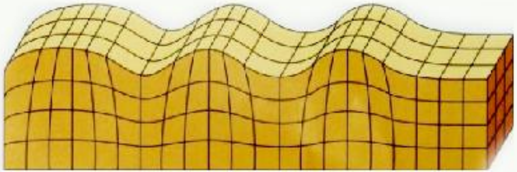
लव तरंगें



एक अन्य प्रकार की भूकम्पीय तरंगें भी होती हैं, जिन्हें सतही तरंगें (surface waves) कहा जाता है। ये दो प्रकार की होती हैं, लव तरंगें (love waves) और रैले तरंगें (Rayleigh waves) और भूकंप के उपरिकेंद्र (epicentre) से पृथ्वी की सतह पर प्रवाहित होती हैं। उपरिकेंद्र पृथ्वी की सतह का वह स्थान है जो भूगर्भ में भूकंप के केंद्र-बिंदु के ठीक ऊपर स्थित होता है। सतही तरंगें शारीरिक तरंगों से धीमी गति से चलती हैं। ये उनके मुकाबले पांच गुना अधिक समय तक प्रवाहित होती रहती हैं।

लव तरंगें जब पृथ्वी की सतह पर प्रसारित होती हैं तो वे चट्टान के कणों को दाएं-बाएं झकझोरती हैं। राले तरंगें चट्टान कणों को गोलाकार घुमाती हैं, जिससे कभी ऐसा लगता है जैसे धरती ऊपर-नीचे आंदोलित हो रही हो।

इन तीनों प्रकार की तरंगों के कारण ही भूकंप के समय सड़कों में दरारें पड़ जाती हैं, पुल टूट जाते हैं, और इमारतें ढह जाती हैं। लव तरंगों का दाएं-बाएं कम्पन ही अक्सर इमारतों के लिए सबसे अधिक विनाशकारी सिद्ध होता है, क्योंकि इससे दीवारों के नीचे इमारत की नींव हिल जाती है, और वे धड़धड़ा कर गिर पड़ती हैं। इस प्रकार के विनाश से हर वर्ष लगभग १०००० लोग मौत के शिकार हो जाते हैं।



राले तरंगें

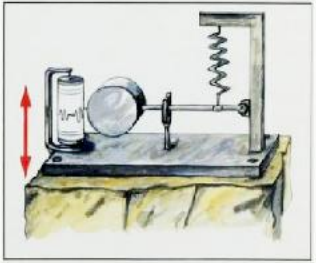
भूकम्पों का मापन

भूकंपविज्ञानी, यानि वे वैज्ञानिक जो भूकम्पों का अध्ययन करते हैं, सीज़्मोग्राफ (seismograph) यानि भूकंप-मापक यंत्र नामक एक वैज्ञानिक यंत्र का प्रयोग करते हैं, जिसके द्वारा भूकंप के समय या उसके पहले व बाद में, धरती के अंदर होने वाली हलन-चलन की जानकारी प्राप्त की जा सकती है। ये यंत्र लगातार पृथ्वी के अंदर की गति-विधि का लेखा-जोखा रखते हैं। भूकंप के दौरान इस गति-विधि को पूरी तरह दर्ज करने के लिए धरती की हर दिशा की हलन चलन, जैसे पूरब-पश्चिम, उत्तर-दक्षिण, ऊपर-नीचे, आदि को दर्ज करना ज़रूरी है।

हरेक भूकंप-मापक यंत्र में कुछ प्रमुख हिस्से होते हैं : एक तार या स्प्रिंग से लटकता हुआ एक भारी गोला, जो धरती की हलन-चलन से प्रभावित होता है, एक उपकरण जो भूकम्पीय तरंगों का रूप बदल कर उन्हें दर्ज करने लायक बना सके, और एक उपकरण जो उन्हें एक कलम के द्वारा कागज़ पर दर्ज कर सके।

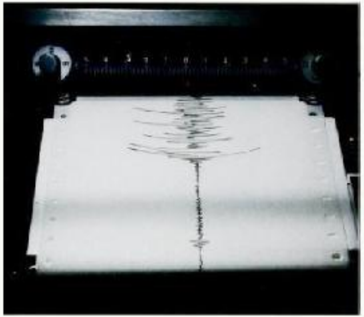
दो प्रकार के भूकंप-मापक यंत्र होते हैं: एक वह जो दाएं-बाएं की गतिविधि का मापन करते हैं (चित्र में बाएं), और दूसरे वह जो ऊपर-नीचे की गति को मापते हैं (दाहिने)। एक भार, जिसमें एक कलम जड़ी होती है, को एक तार या स्प्रिंग से लटका दिया जाता है, ताकि वह स्थिर रह सके, भूकंप के दौरान भी। लेकिन बाकी का उपकरण धरती के संपर्क में होने के कारण उसके साथ ही हिलता है, और साथ ही हिलता है कलम के नीचे लगा गोल घूमता बेलनाकार ड्रम जिसपर कागज़ लगा होता है। जब यह ड्रम घूमता है, तो कलम कागज़ पर रगड़ खाता है, और पृथ्वी की हलन-चलन कागज़ पर एक घुमावदार लाइन के रूप में दर्ज हो जाती है।



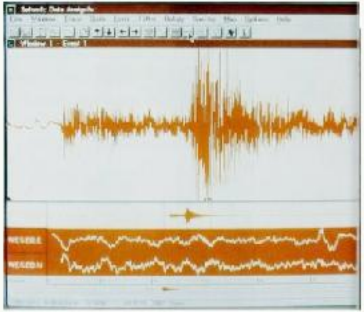


भूकंप-मापक यंत्र के द्वारा अंकित इस ग्राफ-नुमा जानकारी को सीस्मोग्राम कहा जाता है। सीस्मोग्राम हमें बताते हैं कि भूकंप कब शुरू हुआ, कितनी देर तक चला, पी, एस या लव तरंगें यंत्र तक कब पहुंचीं, और भूकंप कितना गंभीर था। सीस्मोग्राम एक घुमावदार रेखा की तरह दीखता है। इस रेखा का हर एक उठान एक भूकम्पीय तरंग को दर्शाता है।

कुछ आधुनिक और उन्नत भूकम्प-मापी सीधे कम्प्यूटर से जुड़े होते हैं। कंप्यूटर भूकंप की तरंगों को घुमावदार लाइन के रूप में कंप्यूटर के परदे पर सीधे दिखाता है। अन्य यंत्र इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के माध्यम से इन तरंगों को सीधे फोटोग्राफी की फिल्म या चुम्बकीय टेप पर अंकित कर देते हैं। और फिर ऐसे टेप के द्वारा भूकंप की गतिविधि को आवाज़ के रूप में सुना जा सकता है, ठीक वैसे ही, जैसे हम कैसेट प्लेयर पर संगीत सुनते हैं।



ऊपर: एक परंपरागत सीस्मोग्राफ जिसे इंक-पेन से बनाया गया है। नीचे : एक कम्प्यूटर द्वारा बनाया गया सीस्मोग्राफ



उपरिकेंद्र या एपीसेंटर का आकलन

जैसे ही किसी भूकंप की जानकारी मिलती है, विश्व के विभिन्न भागों में अपनी प्रयोगशालाओं में बैठे भूकंप-वैज्ञानिक, अपने-अपने सीस्मोग्रामों का एक दूसरे से मिलान करने लगते हैं। कई सीस्मोग्रामों की अंकित जानकारी का एकसाथ अध्ययन करके वे निश्चय कर पाते हैं, कि भूकंप का एपिसेंटर ठीक-ठीक किस स्थान पर था। यह बहुत महत्वपूर्ण है, क्योंकि अधिकतम विनाश प्रायः एपीसेंटर पर ही होता है, और यदि टेलीफोन व्यवस्था प्रभावित हो जाये तो वहां के लोग मदद के लिए बाकी दुनिया से संपर्क नहीं कर पाते।

एपीसेंटर की सही जानकारी निश्चय करने के लिए कम से कम तीन सीस्मोग्रामों की जानकारी का मिलान करना पड़ता है। ऐसा इसलिए कि सीस्मोग्राम हमें एपीसेंटर से सीस्मोग्राम की दूरी तो बताता है, लेकिन उसकी दिशा की जानकारी नहीं देता।

जब भूकंप की तरंगें सीस्मोग्राम पर अंकित हो जाती हैं, तो प्रत्येक प्रयोगशाला में बैठे वैज्ञानिक जांचते हैं कि इन तरंगों का उद्गम कितनी दूरी पर स्थित है। फिर वे विश्व के मानचित्र पर अपने स्थान से उतने ही दायरे वाला एक गोला खेंचते हैं। जब तीन या उससे अधिक ऐसे गोले मानचित्र पर बनाये जाते हैं, तो जिस स्थान पर वे तीनों मिलते हैं, वही भूकंप का एपीसेंटर होता है।



एंकरेज, अलास्का; होनोलुलु, हवाई; और बोगोटा, कोलंबिया में स्थित भूकंपमापी यंत्रों के सीस्मोग्रामों का मिलान करके तुम पता कर सकते हो कि भूकंप का एपीसेंटर सान फ्रांसिस्को में स्थित था।

सीज़्मोग्राफ के द्वारा प्राप्त जानकारी के आलावा वहां मौजूद लोगों से जानकारी प्राप्त करना भी बहुत महत्वपूर्ण है। भूकंप के दौरान लोगों ने वहां क्या विनाश देखा और क्या महसूस किया, इस सब का लेखा जोखा रख कर ही भूवैज्ञानिक विभिन्न स्थानों में होने वाले भूकम्पों की तुलना कर सकते हैं, जैसे कि पेरू या भारत में होने वाले भूकम्पों की। ऐसी तुलनाओं को आसान बनाने के लिए भूवैज्ञानिकों ने भूकंप की तीव्रता का एक पैमाना तैयार किया है। इस तीव्रता के अंक किसी वैज्ञानिक यंत्र के आधार पर निर्धारित न होकर यह बतलाते हैं कि आम लोगों के वर्णन के अनुसार धरती कैसे हिली, लोगों की क्या प्रतिक्रिया हुई, संपत्ति का कितना विनाश हुआ, इत्यादि। यह अंक जितना अधिक होता है, भूकंप को उतना ही अधिक तीव्र माना जाता है।

जीउसेप मरकाली, जो एक इटालियन सीस्मोलॉजिस्ट था, ने १९०२ में मरकाली पैमाने के नाम से एक पैमाना विकसित किया जो अनेक वर्षों तक भूकम्पों की तीव्रता के मानक के तौर पर इस्तेमाल किया जाता रहा। लेकिन १९३१ में दो अमेरिकन भूकंप वैज्ञानिकों, एच ओ वुड और फ्रैंक न्यूमैन, ने मरकाली पैमाने में कुछ संशोधन किये और उसमें आधुनिक भवन-निर्माण के तरीकों को भी शामिल किया। उन्होंने भूकंप से होने वाले विनाश के उदाहरणों में भी परिवर्तन किये, और उन्हें अमेरिका में इस्तेमाल होने वाले भवन-निर्माण की सामग्रियों और और तरीकों के साथ सुसंगत बनाया। इस उन्नत पैमाने को "संशोधित" मरकाली पैमाना कहा जाने लगा। अन्य देशों ने भी वहां प्रयोग में आने वाले भवन-निर्माण मानकों के अनुरूप इस पैमाने को संशोधित कर लिया।



इस चित्र में दिखाए गए विनाश से हम अनुमान लगा सकते हैं, कि १९८९ का लोमा प्रियटा का भूकंप, जो कैलिफ़ोर्निया के सांता क्रूज़ शहर में आया था, इस पैमाने पर ८ अंकों का आँका गया था।

संशोधित मरकाली तीव्रता पैमाना

१. कुछ भी महसूस नहीं होता।

२. कुछ ही लोगों को घरों के अंदर महसूस होता है, और हलकी-फुलकी लटकती हुई वस्तुएं झूलने लगती हैं।

३. अधिक लोगों को घरों के अंदर महसूस होता है। कुछ को तीव्र कम्पन महसूस होता है, जैसे कोई बड़ा ट्रक नज़दीक से गुज़रा हो।

४. घरों के अंदर बहुत से लोगों को महसूस होता है, और कुछ को घरों के बाहर भी महसूस होता है। अधिकांश लोगों को कोई भय अनुभव नहीं होता। बर्तन और खिड़कियां खड़कने लगती हैं, दरवाज़े हिलने लगते हैं।

५. लगभग सभी को घरों के अंदर महसूस होता है, और बाहर भी अधिकांश लोगों को। कांच के बर्तन टकरा कर टूटने लगते हैं, और खिड़कियों के शीशे चटकने लगते हैं। पेड़ और झाड़ियां थरथराने लगते हैं। छोटी मोटी वस्तुएं अपने स्थान से खिसक जाती हैं, या फिर उलट भी जाती हैं।

६. घरों के अंदर या बाहर, प्रत्येक व्यक्ति को अनुभव होता है। किताबें व अन्य वस्तुएं अलमारी से निकल कर नीचे गिर जाती हैं। दीवारों में दरारें पड़ जाती हैं, और चिमनियां टूट कर ढह जाती हैं।

७. लगभग हर कोई डर कर घरों से बाहर भागता है। ठीक प्रकार नहीं बने हुए भवनों में काफी नुकसान होता है।

८. कार चलाना मुश्किल हो जाता है। अच्छी बनी इमारतों को भी कुछ नुकसान पहुंचता है। और ख़राब निर्माण वाली इमारतों को बहुत अधिक नुकसान होता है। भारी फर्नीचर भी उलट-पलट जाता है। दीवारें, चिमनियां व खंभे इत्यादि गिर जाते हैं। कुओं में पानी का तल स्पष्ट रूप से कम या अधिक हो जाता है।

९. विशिष्ट रूप से निर्मित इमारतों को भी काफी हानि पहुँचती है। बहुत सी इमारतें आंशिक रूप से ढह जाती हैं। कुछ इमारतों की बुनियाद दरक जाती है। धरती में दरारें पड़ जाती हैं। ज़मीन में दबे पाइप टूट जाते हैं।

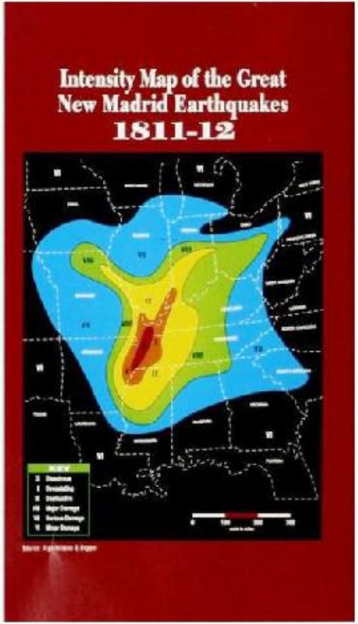
१०. ईंटों व सीमेंट से बनी सभी इमारतें व कुछ लकड़ी से बनी इमारतें भी पूरी तरह ध्वस्त हो जाती हैं। धरती में बड़ी-बड़ी दरारें पड़ जाती हैं। रेल की पटरियां लचक कर टेढ़ी हो जाती हैं। नदी किनारे या ऊंचे ढलानों पर भू-स्खलन हो जाता है।

११. ईंट-सीमेंट की बनी शायद ही कोई इमारत खड़ी रह पाती है। पुल टूट कर गिर जाते हैं। धरती में चौड़ी दरारें पड़ जाती हैं। धरती में दबी पाइपलाइनें पूरी तरह ध्वस्त हो जाती हैं।

११. सम्पूर्ण विनाश। धरती में लहरें सी उठती साफ़ दिखाई देती हैं। अधिकांश वस्तुएं छिटक कर हवा में उड़ती नज़र आती हैं।

भूकंप के चश्मदीद गवाहों के बयान एकत्र करना, और पैमाने पर भूकंप की तीव्रता का निर्धारण करना एक बड़ा कार्य है। जब भी अमेरिका में कोई भूकंप आता है, तो अमेरिकन भूवैज्ञानिक सर्वे नाम की संस्था, जो गोल्डन कोलोराडो में स्थित है, तुरंत हरकत में आ जाती है। यह संस्था प्रभावित क्षेत्रों के पुलिस अफसरों, पोस्टमास्टरों, अग्निशमन अधिकारियों और राहत स्वयंसेवकों को एक फार्म भेजती है, जिसमें भूकंप के बारे में अनेक सवाल पूछे जाते हैं। यह फार्म भूकंप की तीव्रता के अनुसार उसके केंद्र से २० से ७०० किलोमीटर के दायरे में स्थित इलाकों में भेजा जाता है। इन प्रश्नों के द्वारा एकत्रित जानकारी हर वर्ष प्रकाशित की जाती है। इस जानकारी का प्रयोग करके भूकंप-वैज्ञानिक उस इलाके का एक मानचित्र तैयार करते हैं, जो वहां आये भूकम्पों की तीव्रता और प्रभावित स्थानों को दर्शाता है।

न्यू मेड्रिड क्षेत्र में आये भूकंप की तीव्रता का यह मानचित्र वैज्ञानिकों ने वहां की मिट्टी और चट्टानों का अध्ययन करके, और प्रत्यक्षदर्शियों द्वारा दी गई लिखित जानकारी के आधार पर बनाया है।



चार्ल्स रिक्टर अपने भूकंप-मापी यंत्र के साथ। इस यंत्र के तीन में से दो ड्रम क्षितिज के सामानांतर, यानि पूर्व-पश्चिम, और उत्तर-दक्षिण दिशा की जानकारी मापते हैं, और तीसरा ऊर्ध्व यानि ऊपर-नीचे की दिशा की जानकारी का मापन करता है।



भूकम्पों की तीव्रता (magnitude) का मापन करके भी वैज्ञानिक उनके बारे में जानकारी हासिल करते हैं। १९३५ में चार्ल्स रिक्टर नाम के वैज्ञानिक ने "रिक्टर पैमाने" (Richter Scale) की ईजाद की, जो हर भूकंप को एक तीव्रता-अंक (magnitude number) देता है, जो इस पर निर्भर करता है कि उस भूकंप से धरती में कितनी हलन-चलन हुई। यह अंक इस आधार पर निर्धारित होता है की भूकंप-मापी यंत्र द्वारा अंकित ग्राफ की लाइनें कितनी ऊँचाई तक जाती हैं। इस ऊँचाई को फिर कुछ गणित के समीकरणों में डाला जाता है, जो अन्य कई बातों जैसे भूकंप-केंद्र से यंत्र की दूरी इत्यादि को ध्यान में रख कर उस भूकंप के रिक्टर-पैमाने पर तीव्रता-अंक की गणना करता है।

रिक्टर पैमाने पर तीव्रता अंक जब एक से बढ़ता है, तो इसका मतलब होता है धरती का कम्पन दस गुना अधिक हो जाना। इसे इस तरह समझें। तीव्रता पैमाने को यदि किसी ऊंची ईमारत पर चढ़ने वाली सीढ़ियों की तरह देखा जाये तो तीव्रता-अंक एक का मतलब है पहली सीढ़ी, दो का मतलब दसवीं सीढ़ी, और तीन का सौवीं सीढ़ी।

हरेक अंक के साथ भूकंप की ऊर्जा में आने वाली बढ़ोतरी धरती के कम्पन की बढ़ोतरी से भी अधिक होती है, यानि पिछले अंक से ३० गुना अधिक। फिर सीढ़ी के उदहारण से समझें। तीव्रता अंक एक यानि ऊर्जा की पहली सीढ़ी, तो दूसरा अंक यानि तीसवीं सीढ़ी, और तीसरा अंक होगा नौसौवीं सीढ़ी। इस पैमाने की कोई ऊपरी सीमा नहीं है, अब तक का सबसे बड़ा भूकंप इस पैमाने पर ८.९ अंक का मापा गया है। भू-वैज्ञानिकों का मानना है इससे अधिक तीव्रता के भूकम्पों की सम्भावना बहुत कम है। शायद १० अंक की तीव्रता पहुँचने के पहले ही अधिकांश चट्टानें टूट कर ऊर्जा को मुक्त कर देती हैं।

रिक्टर पैमाने के अनुसार भूकम्पों की संख्या

रिक्टर माप	प्रतिवर्ष भूकम्पों की औसत संख्या
१	७००,०००
२	३००,०००
३	३००,०००
४	५०,०००
५	६,०००
६	८००
७	१२०
८	२०
८+	५ से १० वर्षों में १ बार

एंकरेज अलास्का में २७ मार्च १९६४ में जब "ग्रेट गुड फ्राइडे" भूकंप आया था, तो धरती लगभग चार मिनट तक हिलती रही थी। यह भयावह भूकंप, जो पिछले ४०० वर्षों का सबसे शक्तिशाली भूकंप था, रिक्टर पैमाने पर ८.६ अंक का मापा गया था, संशोधित मरकेली पैमाने पर ९ से १० अंक के बीच। प्रत्यक्षदर्शी बताते हैं कि विशाल दरारें पड़ने से धरती जैसे टूट कर टुकड़े-टुकड़े हो गई थी, और सब कुछ उलट-पलट गया था। टर्न-अगेन ब्लफ (Trunagain Bluff) नाम की जगह पर एक कॉलोनी के पचास घर तो धरती फटने के बाद उसके गर्भ में ही चले गए, और अदृश्य हो गए।



मोटरकारें और पूरे-के-पूरे घर धरती में पड़ी चौड़ी दरारों में समा गए, जब टर्नअगेन ब्लफ में १९६४ के ग्रेट गुड फ्राइडे भूकंप में धरती फट गई

हाल ही में भूवैज्ञानिकों को समझ आया है कि गुड फ्राइडे जैसे अति विशाल भूकम्पों में रिक्टर पैमाना भी उनकी तीव्रता का ठीक-ठीक आकलन नहीं कर पाता। समाचारों में तो रिक्टर पैमाने की ही जानकारी दी जाती है, परन्तु भूवैज्ञानिक प्राय: उससे भी अधिक सूक्ष्मता वाले पैमाने का प्रयोग करते हैं।

इस प्रकार का जो पैमाना अब अधिक प्रचलित हो रहा है, वह है मोमेंट मैगनीट्यूड पैमाना (Moment Magnitude scale)। यह पैमाना इस बात को ध्यान में रखता है कि भूकंप वाले इलाके की चट्टानें कितनी मज़बूत हैं, धरती की कितनी सतह प्रभावित हुई, और चट्टानों में कितना विस्थापन हुआ। मोमेंट मैगनीट्यूड की जानकारी आधुनिक भूकंपमापी यंत्रों के द्वारा ज्ञात की जा सकती है, और धरती में पड़ी दरारों की लम्बाई व चौड़ाई को नाप कर भी। इस पैमाने की संख्यायें भी रिक्टर पैमाने की तरह ही बढ़ती हैं।

अति विशाल भूकम्पों के आकलन के लिए मोमेंट मैगनीट्यूड पैमाना रिक्टर पैमाने की अपेक्षा अधिक उपयुक्त है, क्योंकि यह भूकंप के दौरान आई सभी प्रकार की तरंगों को गणना में शामिल करता है, न कि केवल एक प्रकार की तरंग को, जैसा कि रिक्टर पैमाना करता है। उदाहरण के लिए, एंकरेज का भूकंप रिक्टर पैमाने पर ८.६ आँका गया था, जबकि मोमेंट मैगनीट्यूड पैमाने पर यह ९.२ था। अब तक का सबसे बड़ा भूकंप मोमेंट मैगनीट्यूड पैमाने पर ९.५ आँका गया था, जो १९६० में दक्षिण अमेरिका के चिली में आया था। रिक्टर पैमाने के अनुसार इसकी तीव्रता केवल ८.४ थी। इस पुस्तक में दिए सभी आंकड़े मोमेंट मैगनीट्यूड पैमाने के अनुसार दिए गए हैं। केवल कुछ स्थानों पर जहाँ वे रिक्टर पैमाने के अनुसार हैं, इसका उल्लेख कर दिया गया है।



जनवरी १९९५ में कोबे, जापान में आये भूकंप से १,४०,००० से अधिक लोग बेघर हो गए थे, जिसके बाद राहत कैम्पों में भी अगले दो दिन तक उन्हें ६०० अतिरिक्त झटके झेलने पड़े थे।

पिक्चर अभी बाकी है

किसी बड़े भूकंप के आने के बाद भी कुछ समय तक छोटे भूकंप आते रहते हैं, जिन्हें आफ्टरशॉक (aftershocks) कहा जाता है। ये झटके इसलिए आते हैं, क्योंकि चट्टानें मुख्य भूकंप के बाद अपनी सही जगह तलाश करके उसमें स्थित होने के लिए हिलती -डुलती हैं, ठीक वैसे ही, जैसे सोने से पहले आप कुछ हिल-डुल कर अपने शरीर के लिए सबसे आरामदेह स्थिति तलाशते हैं। ये आफ्टरशॉक झटके प्रायः मुख्य भूकंप के मुकाबले बहुत छोटे होते हैं, लेकिन ये पहले से क्षतिग्रस्त इमारतों और सड़कों को और अधिक नुकसान पहुंचा सकते हैं। ये आफ्टरशॉक कुछ घंटों से लेकर कई महीनों तक कभी भी आ सकते हैं। अलास्का के गुड फ्राइडे भूकंप के बाद के सप्ताहांत में कम से कम ४२ झटके महसूस किये गए थे।

१७ जनवरी १९९५ को जापान के ६.९ तीव्रता वाले भूकंप के कारण कोबे शहर या उसके आस-पास रहने वाले लोगों की ज़िन्दगी तहस-नहस हो गई थी। पहले ही भूकंप से आतंकित कोबे के लोगों को अगले ४८ घंटों में ६०० से भी ज़्यादा आफ्टरशॉक झेलने पड़े थे। इस भूकंप और उसके बाद के झटकों के कारण ५००० से भी अधिक लोगों की मृत्यु हो गई थी।

आफ्टरशॉक के अतिरिक्त भूकंप कुछ अन्य घटनाओं के कारण भी बन सकते हैं। ये घटनाएं, स्वतः या अन्य घटनाओं के साथ मिल कर, भूकंप के जैसा ही, या उससे भी अधिक विनाश कर सकती हैं। भूकंप की तरंगें और आफ्टरशॉक पहाड़ों की चट्टानों और मिटटी को कमज़ोर कर सकते हैं, जिसके कारण भूस्खलन की घटनाएं हो सकती हैं। सर्वाधिक विनाशकारी भूकंप की घटनाओं में एक १६ दिसंबर १९२० को ७.८ तीव्रता के भूकंप के बाद चीन के गांसू में घटी थी। गांसू के अधिकांश घर ऊंचे टीलों पर बने थे। ये टीले बहुत बारीक़ और बालुई मिटटी के थे। भूकंप के कारण यह मिट्टी अपने स्थान से दरक गई, और टीले ढह गए, जिसके कारण १,८०,००० से भी अधिक लोग अपने घरों में ही दब कर मर गए।

१७ अगस्त १९५९ को मोंटाना के पश्चिमी येलोस्टोन में आये भूकंप के कारण एक भूस्खलन हुआ जिसका वहां के भूदृश्य पर हैरान करने वाला असर हुआ : वहां एक नई झील बन गई। भूकंप के कारण मैडिसन नदी के किनारे पश्चिमी येल्लोस्टोन पार्क से ३० किलोमीटर दूर मैडिसन कैनयन की दीवार कमज़ोर हो गई। कैन्यन से ढीली चट्टानें नीचे की ओर गिरीं और घाटी की तलहटी में जमा हो गईं, जिससे मैडिसन नदी के पानी पर एक बाँध बन गया। पत्थरों के इस विशाल पहाड़नुमा ढेर ने नदी के पानी को रोक दिया, और वह इलाका एक झील में तब्दील हो गया जो कहीं-कहीं ६० मीटर तक गहरी थी।

पानी में डूबे पेड़ों के ये कंकाल याद दिलाते हैं की यहाँ एक हरा-भरा कैन्यन था, जो एक भूकंप-जनित झील में तब्दील हो गया।



समुद्र-तट और झीलों के किनारे भी भूकंप के कारण विनाश हो सकता है। इन इलाकों की मिट्टी व चट्टानों के चारों ओर पानी ही पानी होता है। इसलिए वहां की मिट्टी कमज़ोर होती है, क्योंकि मिटटी के कणों के आस-पास का पानी उन्हें बंध कर मज़बूत नहीं होने देता। भूकंप की तरंगें और कम्पन ऐसी मिट्टी को अस्त-व्यस्त कर देता है, और वह दलदल जैसी हो जाती है। यह प्रक्रिया, जिसे तरलीकरण (liquefaction) कहते हैं, भूकंप के बाद कुछ ही मिनटों में हो जाती है। ऐसी मिट्टी के ऊपर स्थित इमारतें अपनी नींव से सरक जाती हैं, और कई फ़ीट तक पृथ्वी में धंस जाती हैं। कभी-कभी भूकंप के कारण मिट्टी और पानी का मिश्रण एक फव्वारे की तरह धरती में से फूट पड़ता है।

दाहिने : काराकास, वेनेज़ुएला में स्थित इस घर का एक हिस्सा धरती में धंस गया, जब इसके नीचे की मिटटी तरलीकृत हो गई।

नीचे : इस शंकु-नुमा गड्ढे को बलुई ज्वालामुखी (sand volcano) कहते हैं। जब भूकंप के कम्पन के कारण बालू और पानी का मिश्रण धरती में से फव्वारे की तरह फूटता है, तो इसका निर्माण होता है।





जब कोई भूकंप समुद्र की तलहटी को झकझोरता है, तो ये झटके समुद्री जल में एक भूकम्पीय तरंग पैदा कर देते हैं, जिसे सूनामी (Tsunami) कहते हैं। सूनामी एक जापानी भाषा का शब्द है, जिसका अर्थ है बंदरगाह में आने वाली अति-विशाल समुद्री लहरें। कई बार भूलवश सूनामी को टाइडल वेव (tidal wave) भी कहते हैं जो गलत है। सुनामी का समुद्री ज्वर-भाटे से कुछ लेना-देना नहीं है। एक सूनामी ७५० किलोमीटर प्रति घंटा तक की रफ़्तार से चल सकती है, और समुद्रतट के निकट इसकी ऊँचाई १५ से ३० मीटर तक हो सकती है। अधिकांश सूनामियाँ प्रशांत महासागर में आती हैं, जो प्रशांत की प्लेट में आये भूकम्पों से पैदा होती हैं।

१९४८ में संगठित "भूकम्पीय तरंग चेतावनी व्यवस्था" (Seismic Sea Wave Warning System) की मदद से लोगों को सूनामी आने की पूर्वसूचना दी जाती है। जब प्रशांत महासागर के नीचे किसी बड़े भूकंप का पता चलता है, तो उस भूकंप और उसके कारण समुद्रतल में होने वाले बदलाव की जानकारी तुरंत होनोलुलु में स्थित सूनामी पूर्वसूचना केंद्र को भेजी जाती है। यदि ये बदलाव सूनामी की ओर इशारा करते हैं, तो तुरंत सूनामी की चेतावनी घोषित कर दी जाती है, और लोगों को उन समुद्रतटीय इलाकों से दूर चले जाने को कहा जाता है, जो सूनामी के संभावित मार्ग में आते हैं।

महान गुड फ्राइडे भूकंप ने एक विशाल सूनामी को जन्म दिया था, जिसने सेवार्ड, अलास्का में अनेक समुद्री नावों व अन्य संपत्तियों को तहस-नहस कर दिया था।





१९६० में सूनामी ने हवाई के हीलो क्षेत्र को पूरी तरह धराशायी कर दिया था, और फिर वह सूनामी जापान के होन्शु और होकाईडो द्वीपों तक पहुंची।

२२ मई १९६० को ९.५ तीव्रता का एक भूकंप चिली में आया। कुछ ही घंटों में हवाई द्वीप-समूह के लिए सूनामी की चेतावनी जारी कर दी गई, और लोगों को तटीय क्षेत्रों से निकाल लिया गया। भूकंप के लगभग १५ घंटे बाद वह सूनामी हवाई के तट से टकराई, जिसने १० मीटर ऊंची तरंगों को जन्म दिया।

दुर्भाग्य से चिली के भूकंप के समय वैज्ञानिकों को पता नहीं था कि सुनामियाँ कितनी दूर तक जा सकती हैं। सात घंटे बाद, यानि भूकंप आने के २२ घंटे बाद, इसी सूनामी ने जापान के होन्शु और होकाईडो द्वीपों तक पहुँच कर विनाश फैलाया। १७५ से अधिक लोगों की डूबने के कारण मौत हो गई, और इस विशालकाय तरंग ने पूरे के पूरे गावों को नष्ट कर जलमग्न कर दिया। अब सूनामी की चेतावनी बहुत दूरस्थ क्षेत्रों के लिए भी जारी की जाती है, ताकि सूनामी के उद्गम स्थान से बहुत दूर बसे लोगों को भी सुरक्षित निकाला जा सके।

क्योंकि समुद्र की तलहटी के नीचे या तटीय इलाकों में आने वाले अति-विशाल भूकंप ही सूनामी को जन्म देते हैं, ऐसी सूनामियाँ यदा-कदा ही आया करती हैं। परन्तु जब सूनामी की चेतावनी जारी की जाए तो लोगों को सूनामी देखने के कौतूहलवश रुके नहीं रहना चाहिए, और यथाशीघ्र सुरक्षित स्थानों पर चले जाना चाहिए।



एक अग्निशमन कर्मी बेबस देख रहा है, जब १९८९ में आग की लपटें सान फ्रांसिस्को के मरीना इलाके को नष्ट किये दे रही हैं।

भूकंप, भूस्खलन और सूनामियां अक्सर अति-विनाशकारी अग्निकांडों को भी जन्म देती हैं। रसोईगैस की पाइपलाइनें फट जाने या बिजली के तार टूटने के कारण अक्सर आग लग जाती है। १९०६ के भूकंप में लगभग ९०% नुक्सान आग के कारण हुआ था। १९८९ और १९९४ में आये कैलिफ़ोर्निया भूकम्पों के समाचार-वीडिओ रात्रि के काले अँधेरे के बीच लपलपाती चमकदार नारंगी आग की लपटों वाले दृश्यों से भरे पड़े थे। जापान में कोबे के भूकंप के बाद लगी आग ने वहां के पारम्परिक लकड़ी के बने बहुत से मकानों को लील लिया था। हज़ारों लोग बेबस खड़े अपने मकानों को कोयले और राख के ढेर में तब्दील होते देखते रह गए।

लो यह आया भूकंप

कितना अच्छा हो अगर भूवैज्ञानिक भूकम्पों की पूर्व-सूचना दे सकें। लेकिन ऐसी पुख्ता भविष्यवाणी कर पाना बहुत मुश्किल होता है, क्योंकि वैज्ञानिक अभी तक घटनाओं का कोई ऐसा विशिष्ट क्रम नहीं समझ पाए हैं, जो भूकंप का कारण बनता हो। अधिकांश भूकंप बिना किसी पूर्व-सूचना के अचानक ही आ जाते हैं। लेकिन इसका मतलब यह नहीं है कि उनके पीछे बिलकुल ही कोई घटना-क्रम नहीं होता। बात इतनी सी है, कि उस घटना-क्रम को हम अभी तक समझ नहीं पाए हैं।

कुछ बड़े भूकंप

वर्ष	स्थान	रिक्टर माप	मोमेंट माप	अनुमानित मौतें
१५५६	चीन	अज्ञात	अज्ञात	८३०,०००
१७१३७	भारत	अज्ञात	अज्ञात	३००,०००
१८११-१२	अमेरिका	७,३-७.८	८.१-८.३	अज्ञात*
१९०८	इटली	७.५	अज्ञात	१२०,०००
१९२०	चीन	८.५	७.८	१८०,०००
१९६०	चिली	८.४	९.५	५,७००
१९६४	अमेरिका	८.६	९.२	१३१
१९७०	पेरू	७.८	७.९	६०,०००
१९७६	चीन	७.६	७.५	>३००,०००
१९९४	बोलीविया	८.२	अज्ञात	०

* हालाँकि सही संख्या अज्ञात है, दस्तावेजों से यही निष्कर्ष निकलता है ही कई लोग मारे गए थे।

धरती के किसी विभंग या फाल्ट के इतिहास का बारीकी से अध्ययन करने से भविष्य में शायद वह जानकारी मिल सके जिसके द्वारा भूवैज्ञानिक उस इलाके में आने वाले भूकम्पों की भविष्यवाणी कर सकें। ऐसी भविष्यवाणी यह बताएगी की आगे किन वर्षों में भूकंप की सम्भावना है, और उसकी प्रायिकता (probability) कितनी है। उदाहरण के लिए, १९८८ में अमेरिकन भूविज्ञान विभाग ने घोषणा की थी कि १९८८ से २०१८ के बीच सान फ्रांसिस्को में एक मध्यम या बड़े भूकंप के आने की ३० प्रतिशत सम्भावना है। यह पूर्वानुमान सही निकला जब १७ अक्टूबर १९८९ को ७.० तीव्रता वाला लोमा-प्रीता भूकंप आया। दुर्भाग्य से अगले भूकंप के निश्चित दिन, महीने या फिर वर्ष का भी अनुमान लगा पाना बहुत कठिन प्रतीत होता है।

१९८९ में बेसबॉल की विश्व-प्रतियोगिता को टेलीविज़न पर देखने वाले दर्शकों को लगा होगा कि उनके टीवी में शायद कुछ खराबी आ गई है। असल में उन्होंने लोमा-प्रीता भूकंप के उन शुरुआती क्षणों को टीवी पर देखा था, जिसने खेल शुरू होने के कुछ ही पहले कैंडलस्टिक पार्क को हिला कर रख दिया था।



टिल्टमीटर



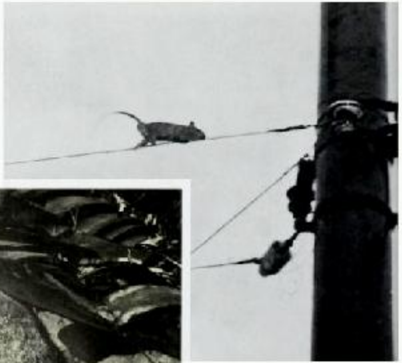
भूकंप की भविष्यवाणी का अनुमान लगाने से पहले किसी विभंग के इतिहास का अध्ययन करने के अलावा भूवैज्ञानिक अन्य कई स्रोतों से भी जानकारी एकत्र करते हैं। वे यह देखते हैं कि उस इलाके में सिस्मिक गतिविधि बढ़ तो नहीं रही है। लगभग एक चौथाई बड़े भूकम्पों से पहले कुछ छोटे झटके आते हैं, यानि छोटे-छोटे भूकंप जो मुख्य भूकंप के कुछ सेकंडों से लेकर कुछ हफ़्तों पहले तक आ सकते हैं।

भूवैज्ञानिक "स्ट्रेनमीटर" नामक यंत्र का भी प्रयोग करते हैं, जो यह मापता है की विभंग के नज़दीक की चट्टानों में तनाव के कारण कितनी खिंचन आई है। "टिल्टमीटर" नामक यंत्र का उपयोग यह मापने के लिए किया जाता है की चट्टानों में कितना झुकाव आया है, और उनकी ऊँचाई में कितना बदलाव आया है। लेकिन दुर्भाग्य से वैज्ञानिकों को इस बात की कोई जानकारी नहीं है कि कितने खिंचाव या झुकाव के बाद भूकंप आयेगा।

सिस्मिक गतिविधि, खिंचाव या तनाव की जानकारी इसलिए भी महत्वपूर्ण है कि इससे वैज्ञानिकों को उन प्रक्रियाओं को समझने में मदद मिलती है, जिनके कारण भूकंप आते हैं। परन्तु इस जानकारी से भावी भूकंप के सही समय की भविष्यवाणी करने में कोई मदद नहीं मिलती। किसी बड़े भूकंप से पहले आये छोटे झटकों से यह अनुमान लगाना असंभव है कि बड़ा भूकंप वाकई आएगा या नहीं। वैसे ही, स्ट्रेनमीटर या टिल्टमीटर से मिली जानकारी से यह कह पाना असंभव है कि ये बदलाव भूकंप का कारण बनेंगे या नहीं।

कुछ वैज्ञानिकों का कहना है कि भूकंप से पहले भूगर्भीय जलस्तर या कुओं के पानी के जल-स्तर में बदलाव आ जाता है। हो सकता है कि सिस्मिक गतिविधि के कारण यह बदलाव आता हो। लेकिन जल के स्तर में यह बदलाव अन्य कारणों से भी आ सकता है, जैसे सूखा या वर्षा।

वैज्ञानिक इस सम्भावना का भी अध्ययन कर रहे हैं, कि पशु-पक्षियों के बर्ताव में बदलाव भी आने वाले भूकंप का संकेतक हो सकता है। कई लोगों का कहना है कि भूकंप से ठीक पहले उनके पालतू जानवर, जैसे कुत्ते, घोड़े या मवेशी अशांत और व्याकुल हो गए थे। चीन में लोगों ने ऐसे फोटो लिए जिनमें चूहे बिजली या टेलीफोन के तारों पर चढ़े नजर आ रहे हैं, या खरगोश खपरैल की छत पर चढ़े हुए है। हो सकता है कि ये जानवर कुछ ऐसी तरंगें महसूस कर सकते हों, जिन्हें हम नहीं पहचान पाते। लेकिन जानवरों के बर्ताव में बदलाव के कई कारण हो सकते हैं। यदि ऐसा बदलाव भूकंप के पहले नज़र में आये, और उसे तुरंत अधिकारियों तक पहुँचाया जाये, तभी वह भूकंप की पूर्व-सूचना में सहायक हो सकता है। प्रायः ऐसे बदलाव लोगों को भूकंप हो चुकने के बाद ही याद आते हैं।





चीन में १९७६ के हैचिंग भूकंप से ठीक पहले लोगों ने बताया कि उन्होंने टेलीफोन के तारों पर चढ़े चूहों, और खपरैलों पर चढ़े खरगोशों को देखा था।

भूकंप की भविष्यवाणी कर पाना भले ही बहुत मुश्किल हो, लेकिन फिर भी कई बार ऐसी भविष्यवाणी की गई है। ऐसी एक सच्ची भविष्यवाणी फरवरी १९७५ में चीन में की गई थी। धरती व जल-स्तर में आये बदलावों, हलके भूकम्पों की संख्या में आई वृद्धि, और जानवरों के असामान्य व्यवहार के आधार पर अधिकारियों ने घोषणा की थी कि अगले २४ घंटे में एक बड़ा भूकंप आने वाला है। लोगों से घरों व् अन्य इमारतों से दूर खुले में रहने के लिए कहा गया था।

४ फरवरी को सायं ७:३६ बजे हैचिंग शहर के नज़दीक ७.४ तीव्रता का एक भूकंप आया। बहुत से घर ध्वस्त हो गए। उनके मलबे से कई सड़कें भी बंद हो गईं। कई पुलों और बांधों में दरारें पड़ गईं, और वे ध्वस्त हो गए। लेकिन उस इलाके के लगभग ३० लाख लोगों में से केवल कुछ सौ की ही मृत्यु हुई। अगर लोग घरों या अन्य इमारतों के अंदर रहे होते तो बहुत अधिक जानें गई होतीं।

हैचिंग की यह भविष्यवाणी बहुत सफल रही, और आगे के लिए इसे एक दिशा-निर्देशक माना गया। लेकिन इस प्रकार की जानकारियों का प्रयोग करके भूवैज्ञानिक अन्य भूकम्पों, जैसे तांगशान भूकंप, का पूर्वानुमान लगाने में असफल रहे हैं। ७.५ तीव्रता का वह भूकंप चीन में २७ जुलाई १९७६ को आया, और ३,००,००० से अधिक लोगों की मृत्यु का कारण बना।

[(ऊपर) मिट्टी की सतहों की आयु का अनुमान लगा कर भूवैज्ञानिक उस इलाके में आये भूकम्पों के इतिहास का आकलन कर सकते हैं। उन्हें उम्मीद है कि ऐसा इतिहास भूकम्पों के तारतम्य को उजागर करेगा, जैसा कि पार्कफील्ड कैलिफोर्निया (नीचे) में हुआ। इस तारतम्य को समझना भूकंप की भविष्यवाणी कर पाने की ओर पहला कदम है।



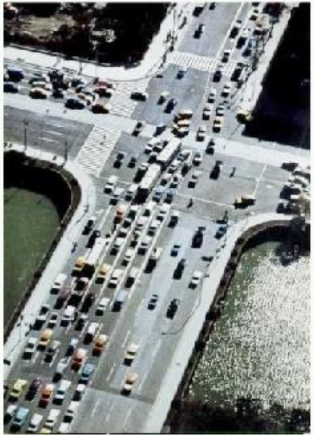
सिस्मिक विभंगों के वे इलाके जहाँ बहुत वर्षों से कोई भूकंप नहीं आया है, भूकम्पों की सही भविष्यवाणी करने की महत्वपूर्ण कुंजी हो सकते हैं। यह संभव है कि पिछले भूकम्पों के बीच के अंतरालों का अध्ययन करके अगला भूकंप आने के समय का अनुमान लगाया जा सके।

सीस्मोग्राफ व अन्य वैज्ञानिक उपकरणों से मिली जानकारी और ऐतिहासिक दस्तावेजों के अध्ययन से भूवैज्ञानिकों को ज्ञात हुआ है कि पार्कफील्ड कैलिफ़ोर्निया के निकट सान आंद्रेआस विभंग में रिक्टर पर लगभग ६.० तीव्रता के भूकंप १८८१, १९०१, १९२२, १९३४, और १९६६ में आये हैं। यदि १९३४ का भूकंप छोड़ दें तो ये भूकंप २०-२२ वर्ष के अंतराल पर आते रहे हैं। भूवैज्ञानिक यह नहीं जानते कि १९३४ का भूकंप इस अवधि से पहले क्यों आ गया।



इसी प्रारूप के आधार पर अमेरिकी भूविज्ञान सर्वेक्षण ने १९८५ में यह भविष्यवाणी की कि १९९३ के पूर्व पार्कफील्ड में ६.० तीव्रता का भूकंप आ सकता है। इसी आशंका के चलते वैज्ञानिकों ने वहां बहुत से उपकरण लगा लिए जिनके द्वारा वे चट्टानों के तनाव, सिस्मिक तरंगों में बदलाव, कुओं में जल के स्तर व अन्य बदलावों का अध्ययन कर सकें।

लेकिन १९९३ आया और चला गया। हालांकि एकाध हल्का-फुल्का भूकंप आया, परन्तु बड़े भूकंप की भविष्यवाणी गलत साबित हुई। लेकिन फिर भी भूकंप-वेत्ताओं को ऐसा नहीं लगा कि उनका अध्ययन बेकार चला गया। इन उपकरणों को स्थापित करने और उनके उपयोग के बारे में वैज्ञानिकों ने बहुत कुछ सीखा, और उन्होंने पार्कफील्ड के समीपस्थ विभंग का अध्ययन करना जारी रखा। जब भी वह बड़ा भूकंप आएगा, और आएगा वह ज़रूर, वे तैयार रहेंगे उसकी जानकारी एकत्र करके उसका अध्ययन करने के लिए, जिससे भविष्य के भूकम्पों की भाविष्यवाणी में और उनकी गुत्थियाँ सुलझाने में मदद मिलेगी।



भूकम्पों की भविष्यवाणी करना एक जोखिम भरा काम है। यदि भूकंप की चेतावनी जारी की जाये, तो लोगों में भय व्याप्त हो जायेगा, और हर कोई तुरंत वहां से भागने की कोशिश करेगा। जापान के टोक्यो (बाएं) जैसे भारी जनसँख्या वाले शहर से लोग किस प्रकार समय रहते बाहर निकल पाएंगे? और अगर भूकंप आया ही नहीं, फिर क्या होगा?

तैयार रहना ही समझदारी है।

जब तक हम भूकम्पों की भविष्यवाणी करने में सक्षम नहीं हो जाते, तब तक समझदारी इसी में है कि लोग सावधान व तैयार रहें। जैसा कि अक्सर कहा जाता है, मर्ज़ का इलाज करने से बेहतर है, कि मर्ज़ को आने ही न देना। यह कहावत उन लोगों के लिए खास तौर पर लागू होती है, जो भूकंप की सम्भावना वाले इलाकों में रहते है।

भूकम्पों से जान-माल के नुकसान को कम करने का सबसे सरल व स्पष्ट उपाय है कि जाने-बूझे विभंगों के आसपास नया निर्माण कार्य बिलकुल बंद किया जाये। कैलिफ़ोर्निया में बहुत से रिहायशी इलाके हैं, जो सान आंद्रेआस विभंग से बिलकुल सटे हुए हैं। लेकिन चूँकि निर्माण कार्य बिलकुल बंद होने की सम्भावना कम ही लगती है, वैज्ञानिक व वास्तुविद मिल कर भूकंप-रोधी इमारतों के डिज़ाइनों पर कार्य कर रहे हैं।



नीचे दर्शाई गई रिहायशी कालोनी सान आंद्रेआस विभंग के ठीक ऊपर बनाई गई थी। बाएं: सान फ्रांसिस्को में यह विभंग, जो चित्र में बाईं ओर दर्शाया गया है, शहर के एयरपोर्ट (दाहिनी ओर) से केवल ५ किलोमीटर की दूरी पर है।



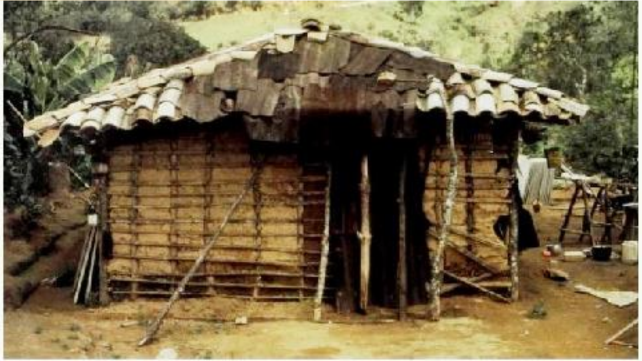




इमारत की खिड़कियों के ऊपर लगे भौं-नुमा सायों को हटाना (बाएं) और लकड़ी की दीवारों को कंक्रीट की नींव से नट-बोल्ट के द्वारा कस कर बांधना (ऊपर), ये दोनों उपाय भूकंप से सुरक्षा को बढ़ाने में सहायक हैं।

ऊंची इमारतों को अब अधिक इस्पात का इस्तेमाल करके मज़बूती दी जाती है, और उन्हें थोड़ा लचीला भी बनाया जाता है, ताकि वे थोड़ा दाएं-बाएं हिल सकें और आसानी से ध्वस्त न होने पाएं। उनमें ऐसी सजावटें (जैसे मूर्तियां आदि) कम उपयोग की जाती हैं, जो भूकंप के समय टूट कर नीचे गिर सकें। लकड़ी के घरों की दीवारों को उनकी कंक्रीट की नींव से कस कर नट -बोल्ट के द्वारा बांध दिया जाता है, ताकि भूकंप आने पर वे नींव से सरक न सकें।

कुछ इमारतें इस तरह डिज़ाइन की जाती हैं कि वे भूकंप-जनित कम्पन का अवरोध कर सकें। इमारत की छत पर एक भारी वज़न रखा जाता है जिसका स्थान आवश्यकतानुसार बदला जा सकता है। जब एक यंत्र यह दर्शाता है कि कम्पन आरम्भ हो गया है, तो एक कंप्यूटर यह गणना करना है की वज़न को कहाँ रखा जाय ताकि कम्पन समाप्त हो जाए, और उसका स्थान बदल कर उसे वहीं रख दिया जाता है।



कोलंबिया के इस घर की दीवारें हलके-फुल्के पदार्थ से इस प्रकार बनी हैं कि भूकंप आने पर वे छोटे-छोटे टुकड़ों में टूट कर गिर जाएँ और कोई हानि न कर पाएं। लेकिन छत की बड़ी-बड़ी टाइलें फिर भी घर में मौजूद लोगों के लिए खतरा बन सकती हैं।

दक्षिण अमेरिका में अनेक घरों और कुछ सार्वजनिक इमारतों का निर्माण "एडोबे"-ईंटों से किया जाता है, जिन्हें मिट्टी और भूसे से धूप में सुखाकर बनाया जाता है। भूकंप के दौरान ये इमारतें टूट कर गिरती हैं, और अंदर मौजूद लोगों को दबा देती हैं। वास्तुकारों ने इस समस्या से निपटने के लिए लोगों को भवन निर्माण का एक नया तरीका अपनाने को कहा है, जो असल में काफी पुराना है। सैकड़ों वर्ष पहले वहां के लोग घरों की दीवारों को कुछ इस तरह बनाते थे जैसे टेनिस के बल्ले में डोरी बाँधी जाती है। घर की दीवारों के खम्बों को कुछ इसी तरह बाँध दिया जाता था। ये खम्बे एडोबे-ईंटों के मुकाबले काफी हलके-फुल्के होते थे, और दीवारों को बड़े लचीले प्रकार से संभाले रहते थे। खम्बों के बीच की खाली जगह को पत्तों इत्यादि से बंद कर दिया जाता था। फिर पूरी दीवार पर मिटटी का लेप लगा दिया जाता था, जो सूख कर कड़ा प्लास्टर बन जाता था। ऐसी दीवार जब भूकंप के दौरान सरकती है, तो मिटटी की पतली परत टूट कर छोटे टुकड़ों के रूप में गिर जाती है, और घर में मौजूद लोगों को कोई नुक्सान नहीं पहुंचाती।

खम्बों पर खड़े ऊंचे राजमार्ग व अन्य सड़कें इंजीनियरों के लिए विशेष चिंता का विषय हैं। जब इनके खम्बे टूटते हैं तो सड़क ध्वस्त होने से जान-माल का बहुत नुक्सान हो सकता है। लेकिन यह अनुमान लगाना मुश्किल होता है कि कोई निर्माण भूकंप के झटके सहन कर पाएगा या नहीं। कोबे जापान का हानशिन राजमार्ग, जो खम्भों पर खड़ा है, बड़े भूकम्पों को भी सह पाने के लिए डिज़ाइन किया गया था। लेकिन १९९५ के भूकंप में जब इसके खम्बे ढह गए और सड़क का कुछ हिस्सा धराशायी हो गया, तो लोग स्तब्ध रह गए। कैलिफ़ोर्निया के लोमा प्रीता में आये १९८९ के भूकंप में अधिकांश लोगों की मृत्यु एक ऐसे ही राजमार्ग (निमित्ज़ फ्रीवे) के ढह जाने से हुई थी। इंजीनियर और वैज्ञानिक मिल कर काम कर रहे हैं ताकि इन राजमार्गों के डिज़ाइन को सुधार कर और सुदृढ़ बनाया जा सके।

भूकंप से होने वाले विनाश को कम करने का एक तरीका यह भी है कि बिजली, गैस या पानी की पाइप-लाइनों में लचीले जोड़ों का प्रयोग करना, ताकि भूकंप आने पर ये पाइपलाइनें चटकें या टूटें नहीं। टूटी गैस या बिजली की लाइनें आग लगने का कारण बन सकती हैं, और फिर इस आग को बुझाने के लिए पानी की पाइपलाइन का चलना भी ज़रूरी है। ऊपर से गिरने वाले मलबे से होने वाले ज़ख्मों का खतरा कम करने के लिए ज़रूरी है कि भारी वस्तुओं को अलमारियों में ऊपरी तख्तों पर न रखा जाए, और अलमारियों को पुख्ता तरीके से बंद करने का इंतज़ाम हो। किताबों के ऊंचे बुकशेल्फ नट-बोल्ट के द्वारा दीवार में जड़े होने चाहिए।

भूकंप में ध्वस्त हानशिन हाईवे



भूकंप के दौरान जख्मी होने या मरने वाले अधिकांश लोग गिरती हुई छतों और दीवारों के नीचे से दबने के कारण ज़ख्मी होते या मरते हैं। भूकंप के समय अगर आप घर के अंदर हो, तो तुरंत घर के किसी दरवाज़े के नीचे जा खड़े हों। दरवाज़े के ऊपर लगी बीम प्रायः काफी मज़बूत होती है और गिरती हुई छत से आपकी रक्षा कर सकती है। अगर दरवाज़े तक नहीं पहुंच सकते तो किसी मज़बूत मेज़, कुर्सी या अन्य फर्नीचर के नीचे शरण लें, जो ऊपर से गिरते मलबे से आपकी रक्षा कर सके। खिड़कियों या अन्य शीशों से दूर रहें ताकि आपको टूटे कांच से घाव न लगे। लिफ्ट का प्रयोग कदापि न करें, क्योंकि अगर बिजली की लाइन कट गई तो आप फँस सकते हैं। जब भूकंप के झटके बंद हो जाएँ तो जल्दी से जल्दी इमारत से बाहर निकल जाएँ। यदि इमारत भूकंप में बची भी रही, आवश्यक नहीं कि वह सुरक्षित हो। बाद के झटकों से ईमारत को हुई क्षति और बढ़ सकती है।



अधिकांश स्कूलों में बच्चों को सिखाया जाता है कि भूकंप के दौरान क्या करें। इस चित्र में एक बच्चे को सर पर गद्देदार पैड पहने दिखाया गया है, ताकि गिरते मलबे से उसका सर सुरक्षित रहे।

भूकंप के समय यदि आप घर के बाहर हैं, तो इमारतों, बिजली के तारों, पुलों व अन्य ऐसे खतरों से दूर रहें जो आप पर गिर कर आपको चोट पहुंचा सकते हैं। यदि आप मोटरकार में हों, तो ड्राइवर से गाड़ी को एक सुरक्षित स्थान पर रोकने को कहें, और भूकंप के चलते कार के अंदर ही रहें। कार की छत आपको गिरते मलबे से सुरक्षा प्रदान करेगी।

भूकंप-वैज्ञानिक धरती के अंदर होने वाली हरकतों का अध्ययन करते हैं, और यह समझने का प्रयास करते हैं कि भूकंप कब, क्यों और कैसे आते हैं। बहुत से ऐसे प्रश्न हैं, जिनका उत्तर अभी भी हमारे पास नहीं है। अभी हम भूकम्पों की सही सही भविष्यवाणी करने में असमर्थ हैं, जैसा कि हाल में अचानक से आये भूकम्पों से ज़ाहिर है। वर्तमान या भविष्य के वैज्ञानिक भूकम्पों का और अध्ययन करेंगे, तो शायद वे उनकी सही भविष्यवाणी करने के नए तरीके खोज पाएंगे, और उनसे होने वाले नुक्सान को कम कर पाएंगे। परन्तु इसका उत्तर तो आने वाला समय ही दे पायेगा।



ओकलैंड की खाड़ी पर बने पुल के ऊपरी तल का एक हिस्सा लोमा प्रीता के भूकंप में टूट कर ढह गया था।

